

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-219499

(43)公開日 平成5年(1993)8月27日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 4 N 7/137
7/00

識別記号

庁内整理番号

Z 4228-5C
Z 9070-5C

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数17(全 12 頁)

(21)出願番号 特願平4-261932

(22)出願日 平成4年(1992)9月30日

(31)優先権主張番号 9 1 2 0 7 3 9 : 9

(32)優先日 1991年9月30日

(33)優先権主張国 イギリス (GB)

(31)優先権主張番号 9 2 1 7 7 4 2 : 7

(32)優先日 1992年8月19日

(33)優先権主張国 イギリス (GB)

(71)出願人 590000248

エヌ・ベー・フィリップス・フルーイラン
ベンファブリケン

N. V. PHILIPS' GLOEIL
AMPENFABRIEKEN

オランダ国 アインドーフエン フルーネ
ヴァウツウエッハ 1

(72)発明者 デレク アンドリュウ

イギリス国 サリー チャールウッド ペ
ガーハウス レーン リトル グリーニン
グ (番地なし)

(74)代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

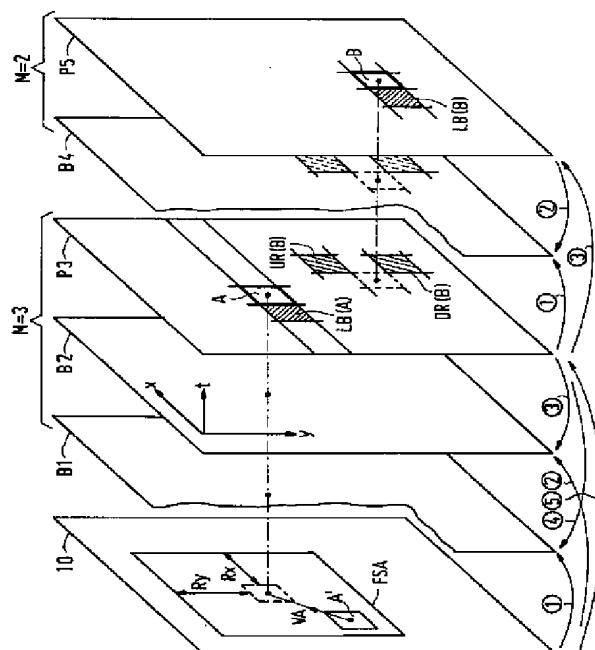
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 動きベクトル推定、動画符号化および蓄積方法

(57)【要約】

【目的】 並列処理を用いて、プログラマブルなハードウェアで改善された動きベクトルを高速に推定することを目的とする。

【構成】 デジタル化された動画シーケンスのフレーム(P3)の符号化において、フレームは画素のブロック(A)に分割され、かつ動きベクトル(VA)は先行フレーム(I0)のブロック(A')から各ブロック(A)の内容を予測する。最良動きベクトル(VA)見いだす数千の候補ベクトルを推定するよりも、同じフレームの近傍ブロック(LB(A))の推定された動きベクトルである開始ベクトルに基づいて、相対的に僅かな候補ベクトルが推定される。いくつかの画素ブロックの並列処理を許可するために、現行フレームの1つの行のすべてのブロックが1つのプロセッサ(DSP)に割り当てられ、かつ開始ベクトルが同じプロセッサにより先行して処理されたブロック(LB(A))から得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル化された動画シーケンスのフレーム中の画素ブロックの動きベクトルを推定する方法であって、該方法が、各所与の画素のブロックに対して、所与の画素ブロックの空間および／または時間の近傍にある画素ブロックの以前に推定されたベクトルから導かれた少なくとも1つの開始ベクトルの周りでベクトル検索の実行を具える方法において、

各フレームの動きベクトルの推定がフレームの画素ブロックの少なくとも2つの順序付けられたサブセットに対して並列に実行され、サブセットへの画素ブロックの分割と順序付けおよび近傍画素ブロックの選択が、その推定されたベクトルが所与のブロックの予測に使用されている近傍ブロックが所与のブロックと同じフレームから選択される場合に、上記の近傍ブロックが所与のブロックと同じ1つのサブセットであり、かつ所与のブロックに先行するようサブセットで順序付けられて実行されることを特徴とする方法。

【請求項2】 各サブセットが一行の画素ブロックを具え、プロセッサが所定のシーケンスの行の画素ブロックの動きベクトルを推定し、各行の第1ブロックを無視して、所与の各ブロックの動きベクトルが、上記のシーケンスの所与のブロックに先行するブロックを推定する動きベクトルからプロセッサにより予測されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 所与の各画素ブロックに対して、動きベクトルの少なくとも1つの別の予測が動画シーケンスの近傍フレームの画素ブロックを推定する動きベクトルに基づくことを特徴とする請求項1あるいは2に記載の方法。

【請求項4】 各行の第1ブロックを無視して、行の所与の各画素ブロックに対して、予測が、同じ行の上記の先行ブロックおよび上記の近傍フレームの複数のブロックの以前に推定された動きベクトルに基づいている請求項3に記載の方法。

【請求項5】 各サブセットの第1ブロックを無視して、所与の各画素ブロックの予測が、
— 所与のブロックと同じサブセットの上記の先行ブロック、および
— 所与のブロックと同じサブセットの上記の先行ブロックにより、所与のブロックを一般に取り巻く3角分布を規定するよう所与のブロックに対して空間位置を占有する近傍フレームの2つのブロック、
に対して先行して推定された動きベクトルに基づいている請求項1から4のいずれか1つに記載の方法。

【請求項6】 少なくとも1つの開始ベクトルに基づいて、所与のブロックと先行フレームのブロックとの間の整合が、開始ベクトルの周りに分布された5から10個の候補ベクトルのアレイに対して測定される請求項1から5のいずれか1つに記載の方法。

【請求項7】 少なくとも1つの開始ベクトルに基づいて、所与のブロックと先行フレームのブロックとの間の整合が、開始ベクトルを取り巻きかつ開始ベクトルから一般に増大する距離を持つ候補ベクトルの順序付けられたシリーズに対してシーケンシャルに測定される請求項1から5のいずれか1つに記載の方法。

【請求項8】 もし所定のしきい値より良好な整合を与えるベクトルが見いだされるなら、候補ベクトルの評価が終了する請求項7に記載の方法。

【請求項9】 開始ベクトルの周りの複数の候補ベクトルの評価を実行することにより、デジタル化された動画シーケンスのフレームの所与の画素ブロックの動きベクトルを推定する方法において、候補ベクトルが開始ベクトルを取り巻き、かつ開始ベクトルから一般に増大する距離の順序付けられたシリーズで評価されることを特徴とする方法。

【請求項10】 もし所定のしきい値より良好な整合を与えるベクトルが見いだされるなら、候補ベクトルの評価が終了する請求項9に記載の方法。

【請求項11】 推定された各ベクトルの選択が各候補ベクトルの測定された予測品質に依存するのみならず、候補ベクトルが動画シーケンスを符号化する合成データストリームで符号化できる相対的経済性にも依存する請求項1から10のいずれか1つに記載の方法。

【請求項12】 零ベクトルが最も経済的に符号化され、かつ零である候補ベクトルが各推定動きベクトルの選択で好まれる請求項10に記載の方法。

【請求項13】 デジタル化された動画シーケンスのフレームの所与の画素ブロックの動きベクトルを推定する方法であって、推定されたそのベクトルが動画シーケンスを符号化するデータストリームで符号化され、該方法が、

- 評価のための一組の候補ベクトルを発生し、
 - 各候補ベクトルにより与えられた予測の品質を評価し、かつ
 - 候補ベクトルの1つを選択する上記の評価結果と動画シーケンスを符号化するデータストリームで符号化する推定ベクトルとを比較すること、
- を具え、

ここで、推定された動きベクトルの符号化を要求されたデータの量が、推定された動きベクトルの値に依存し、かつ候補ベクトルの間からの推定されたベクトルの選択が各候補により与えられた予測の品質に依存するのみならず、もし候補ベクトルの別の1つが少ないデータで符号化でき、一方、最高予測品質の所定のしきい値内にある予測品質を与えることが決定されるなら、選択された候補ベクトルが予測の最高品質を与えるものでないよう、データストリームの各候補を符号化するよう要求されたデータの量にも依存する方法。

【請求項14】 動きベクトルと予測エラー情報が国際

標準化機構により規定されたMPEGに従って符号化される請求項1から13のいずれか1つに記載の方法。

【請求項15】 デジタル化された動画シーケンスを符号化する装置であって、

- シーケンスの少なくとも1つの所与のフレームを複数の画素ブロックに分割する手段、
 - 近傍フレームのブロックから所与のフレームの各ブロック画素を予測し、かつ上記の動きベクトルを符号化する動きベクトルを任意の先行フレームに記載の方法により推定する手段、および
 - 符号化された影像を再構成する動きベクトルと共に使用するために予測エラー情報を発生しかつ符号化する手段、
- を具える装置。

【請求項16】 記録担体上のデジタル化された動画シーケンスを蓄積する方法であって、

- 動画シーケンスを符号化する請求項15に記載の装置を使用し、かつ
 - 記録担体上の合成符号化動きベクトル情報と予測エラー情報とを蓄積すること、
- を具える方法。

【請求項17】 請求項16に記載の方法に従って動画シーケンスが蓄積される記録担体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】本発明は、デジタル化された動画シーケンスのフレーム中の画素ブロックの動きベクトルを推定する方法であって、該方法が、各所与の画素のブロックに対して、所与の画素ブロックの空間および/または時間の近傍にある画素ブロックの以前に推定されたベクトルから導かれた少なくとも1つの開始ベクトル(starting vector)の周りでベクトル検索の実行を具える方法に関連している。

【0002】

【背景技術】動きベクトル推定技術は画像情報の時間冗長度を低減することにより動画データ圧縮の改善に使用でき、それは既知の差分符号化と変換符号化技術が静止画像データ圧縮の空間冗長度を除去するのと類似の態様で行われる。

【0003】国際標準化機構(ISO)は委員会草案標準(Committee Draft Standard)ISO 11172を発行し、それはMPEG規格として良く知られた技術であり、MPEGは動きベクトルを含む、圧縮動画データの符号化の形式を規定している。MPEG符号化標準の概観は、「MPEG」のディー・ル・ガル(D. Le Gall)の「MPEG:多重媒体適用に対するビデオ圧縮標準(MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications)、ACM委員会(Comm. of the ACM)、第34巻、第4号、1991年4月によって与えられている。MPEG符号化は毎秒1.2メガビットのデータストリームから完全な動画ビデオの再生を許

容し、それはコンパクトディスク(CD-ROM)に蓄積されたMPEGデータからのビデオの再生に十分低い速度であり、あるいは同様な帯域幅の他のいくつかのデータチャネルを介して受信された。

【0004】MPEG規格はフレームを16×16画素のブロックに分割し、かつx(水平)およびy(垂直)次元の±64画素領域の各動きベクトルを半画素精度で割り当てることにより動き圧縮を与えている。これは図1の図面を参照して詳細に説明されよう。MPEG規格はいかにして動きベクトルが得られるか規定せず、しかにしてそれらが表されるかのみを規定する。許容された領域の最も正確な動きベクトルの完全な検索は、現行の画素ブロックと16000個にわたる候補画素ブロック(candidate pixel blocks)を完全画素精度(integer pixel precision)で比較することを含むであろう。専用ハードウェアをこの課題に備えることができるが、しかしそのようなハードウェアの一般能力に先行して使用できるソフトウェアによる実現もまた必要とされ、そしてそれはベクトル検索と符号化戦略の他の態様の改善を調査する柔軟性もまた提供する。

【0005】冒頭のパラグラフで述べられた方法は、ジー・デ・ハーン(G. de Haan)とエッチ・フイゲン(H. Huijgen)の論文、「TV画像品質を増大する動き評価器(Motion estimator for TV-picture enhancement)」、HDTVに関する第4回国際ワークショップ(Fourth International Workshop on HDTV)に提出、チューリン(Turin)、1991年9月に述べられている。その方法は専用ハードウェアでの実現と実時間操作で展開され、かつ相対的に僅かな候補ブロックの評価を含んでいる。この方法は、動画シーケンスで移動する対象形態が(一般的にそうであるように)僅かな画素ブロックよりも大きい場合に、近傍ブロックの動きベクトルの間に高い程度の相関が存在するという事実を利用している。このように、近傍ブロックで推定されたベクトルの間から開始ベクトルの注意深い選択により、かつ開始ベクトルから予測された候補ベクトルの選択により、良好な品質の運動の推定が相対的に少ない候補ブロック比較により達成できる。一方、既知の技術は、完全な検索よりも迅速な結果を生成するためにソフトウェアで実現でき、高速プログラマブルデジタル信号プロセッサチップ(DSP: digital signal processor)を使用しても、符号化プロセスがなお不便なほどゆっくりしていることさえある。

【0006】速度を増大する可能性は並列に動作する数個のDSP(各々は各フレームのブロックのサブセットを処理する)を具える利用可能なハードウェアシステムの使用が理論的に存在する。不幸にして、この速度増大はデ・ハーンとフイゲンの方法で実現可能ではない。というのは、所与のブロックを処理する所与のDSPは、所与のブロックの開始ベクトルが利用可能になる前に他のDSPが近傍ブロックを処理する間に待機しなければならない

いからである。

【0007】

【発明の開示】本発明の目的は例えばより高速な結果を達成するために並列処理の使用を許容するよう、プログラマブルハードウェアを使用して改善された動きベクトル推定を実行できることである。

【0008】本発明は、第1の態様で冒頭のパラグラフで述べられた方法を備え、それは各フレームの動きベクトルの推定がフレームの画素ブロックの少なくとも2つの順序付けられたサブセット (ordered subset) に対して並列に実行され、サブセットへの画素ブロックの分割と順序付けおよび近傍画素ブロック (neighbouring pixel block) の選択が、その推定されたベクトルが所与のブロックの予測に使用されている近傍ブロックが所与のブロックと同じフレームから選択される場合に、上記の近傍ブロックが所与のブロックと同じ1つのサブセットであり、かつ所与のブロックに先行するようサブセットで順序付けられて実行されることを特徴としている。このようにして、他のサブセットのブロックの処理からの結果を待機すること無く、各サブセットは全速力で処理できる。

【0009】各サブセットが一行の画素ブロックを具え、プロセッサが所定のシーケンスの行の画素ブロックの動きベクトルを推定し、各行の第1ブロックを無視して、所与の各ブロックの動きベクトルが、上記のシーケンスの所与のブロックに先行するブロックを推定する動きベクトルからプロセッサにより予測される。行は水平もしくは垂直であってもよいが、しかし検索に対する水平バイアスは、水平運動が典型的な動画シーケンスで優勢であるから有利であろう。一組のN個のプロセッサは映像フレームのブロックの各n番目の行をそれぞれ取ることができる。代案として、各プロセッサは、画素ブロックの行を完了すると何時でも次の処理されない行を取ることができる。もちろん他の多くの配列も可能である。

【0010】この方法の好ましい実施例において、所与の各画素ブロックに対して、動きベクトルの少なくとも1つの別の予測は動画シーケンスの近傍フレームの画素ブロックを推定する動きベクトルに基づいている。この手段により、開始ベクトルは所与のブロックを効率的に取り巻く近傍ブロックから選ぶことができ、それは対象が広い範囲の方向から所与のブロックにわたって移動する場合に、推定された動きベクトルの精度を改善する。

【0011】フレーム、ブロックあるいは画素に関連してここで使用された「近傍 (neighbouring)」と「先行 (preceding)」なる述語は厳密に近接したフレーム、ブロックあるいは画素のみを参照して解釈できないことを当業者は評価しよう。例えば、MPEG符号化実施例において、「近傍」フレームはバッチャサイズMと同じ程度の大きさの多数のフレーム間隔により少なくとも分離されよ

う。

【0012】特定の実施例において、各サブセットの第1ブロックを無視して、所与の各画素ブロックの予測は、一 所与のブロックと同じサブセットの上記の先行ブロック、および一 所与のブロックと同じサブセットの上記の先行ブロックにより、所与のブロックを一般に取り巻く3角分布を規定するよう、所与のブロックに対して空間位置を占有する近傍フレームの2つのブロック、に対して先行して推定された動きベクトルに基づいている。

【0013】少なくとも1つの開始ベクトルに基づく動きベクトルの予測において、例えば、所与のブロックと先行フレームのブロックとの間の整合が、開始ベクトルの周りに分布された5から10個の候補ベクトルのアレイに対して測定されよう。特に候補ベクトルは多分水平バイアスにより、開始ベクトルの僅かな画素内に分布され、かつ開始ベクトルそれ自身を含むであろう。

【0014】既知の方法ならびに上述の本発明を実現する方法において、開始ベクトルの良好な組は利用可能ではなく、かつ多分単一の省略開始ベクトル (single default starting vector) のみが所与のブロックで利用可能である。そのような場合は画素データのフレームの縁部で生起し、かつまた、シーケンスの第1予測フレームが例えば情景変化 (scene change) を後続する場合に生起する。たとえそのような場合が少数であっても、全ベクトル検索はなお禁止的に時間を消費するであろう。

【0015】従って、第2の態様において、開始ベクトルの周りの複数の候補ベクトルの評価を実行することにより、デジタル化動画シーケンスのフレームの画素の所与のブロックの動きベクトルを推定する方法において、候補ベクトルが開始ベクトルを取り巻き、かつ開始ベクトルから一般に増大する距離の順序付けられたシリーズで評価されることを本発明は与えている。候補ベクトルの順序付けられたシリーズは例えば開始ベクトルの周りに螺旋を形成しよう。候補ベクトルによりカバーされた領域は例えば全検索に要求されるよりも小さい程度の大きさであろうが、しかし、もし近傍ブロックで推定されたベクトルが開始ベクトルとして使用されるなら、常に移動対象が僅かなブロックよりも大きいことを仮定して、このプロセスは僅かなブロック内で正確な動きベクトルに収束しよう。

【0016】さらに、候補ベクトルの順序付けは、最良候補ベクトルがシーケンスの後よりもむしろ早く生起しようとするであろうし、かつ一度最良候補、あるいは少なくとも「十分良好な (good enough)」候補が見いだされると、候補ベクトルの評価を終了するように候補ベクトルを評価する場合に、種々のチェックは実現できる。

【0017】本発明の別の目的は、動き補償された映像データストリームによって符号化された動画品質を一般

に改善することである。

【0018】第3の態様において、本発明はデジタル化された動画シーケンスのフレームの所与の画素ブロックの動きベクトルを推定する方法を与え、推定されたそのベクトルは動画シーケンスを符号化するデータストリームで符号化され、該方法は、— 評価のための一組の候補ベクトルを発生し、— 各候補ベクトルにより与えられた予測の品質を評価し、かつ— 候補ベクトルの1つを選択する上記の評価結果と動画シーケンスを符号化するデータストリームで符号化する推定ベクトルとを比較すること、を具え、ここで、推定された動きベクトルの符号化を要求されたデータの量が、推定された動きベクトルの値に依存し、かつ候補ベクトルの間からの推定されたベクトルの選択が各候補により与えられた予測の品質に依存するのみならず、もし候補ベクトルの別の1つが少ないデータで符号化でき、一方、最高予測品質の所定のしきい値内にある予測品質を与えることが決定されるなら、選択された候補ベクトルが予測の最高品質を与えるものでないよう、データストリームの各候補を符号化するように要求されたデータの量にも依存する。

【0019】本発明のこの第3の態様は、限定されたデータ速度でビットストリーム内で符号化された動画の品質全体の改善を可能にする。もし品質しきい値が適当に設定されるなら、選択された動きベクトルのさらに経済的な符号化によりフリーにされたビットストリーム容量は画像シーケンスの他の部分の符号化品質を改善するよう使用でき、それはたとえいくつかのフリーにされた容量が所与のブロックの最良予測を全く与えない動きベクトルの選択から生じる増大されたエラー情報を必要としてもそうである。もちろん、その第3態様での本発明の使用は本発明の他の態様との任意の組合せに限定されない。

【0020】特別の実例として、MPEG符号化標準はその動きベクトルとして零ベクトルを有する符号化ブロックに特別な形式を与える。ある状況において、零ベクトルは全く符号化される必要はない。ある種の画像シーケンスにおいて、例えば漫画アニメーション (cartoon animation) シーケンスを含んで61、通常の符号器が例えば一様な青空を表す多数のブロックの「最良」動きベクトルを符号化しようと試みる場合に著しい量のビットストリーム容量が「浪費 (wasted)」されることが見いだされた。そのようなブロックに対して、フレームからフレームにわたる変化のみが単純に色づけされた領域に重畳されたランダムノイズのみを事実具えている。これらのシーケンスに対して、符号器がランダムノイズ動き情報を無視するのに十分高く品質しきい値が設定されている場合に、本発明はその第3の態様で、ビットストリーム容量の大きい節約となり得、従って全画像品質の大きな改善となり得ることが見いだされている。

【0021】本発明はさらに、動きベクトル推定の実

行、および動画シーケンスの符号化と蓄積の方法と装置を与える。これらのかつ別の有利な技術と特徴は本発明の特定の実施例の以下の記述で当業者に明らかであろう。

【0022】添付図面を参照し、実例により、本発明の実施例を説明する。

【0023】

【実施例】これから説明する実施例は、上に引用されたMPEG符号器規格に従って蓄積および再生するデジタル化されたビデオ影像を符号化する。この規格内で、圧縮符号化の多くの層と、より大きい影像品質および／または圧縮を与える改良された符号化戦略の柔軟性が存在し、かつこの説明は標準では規定されていない動きベクトル推定の方法の改善に主として関連している。MPEG符号化システムの詳細に関して、MPEG規格あるいはル・ガルの論文（その双方は上に引用されている）を参照できる。

【0024】図1は符号化すべき動画シーケンスの一部を形成する画素データの5個のフレームI0, B1, B2, P3, B4, P5のシーケンスの動きベクトル推定のある種のステップを例示している。MPEGは程度の異なる動き補償圧縮を持つ3つのタイプのフレームを規定している。シーケンスはそれ自身のみを参照して符号化され、かつ近傍フレームからのどんな情報にもよらないIタイプフレーム（画像内：intrapicture）I0で始まる。シーケンスはBタイプ（双方向予測された：bidirectional predicted）フレームとPタイプフレーム（予測された：predicted）を含めて、予測されたフレームの「バッチ (batch)」を構成している。

【0025】バッチサイズMは典型的には1フレームから4フレームにわたって変化でき、かつ各バッチはPフレームを後続する(M-1)個のBフレーム具えている。このように図1のシーケンス例では、フレームB1, B2, P3はM=3フレームのバッチを形成し、一方、フレームB4とP5はM=2の第2バッチを形成している。M=1のバッチが単一Pタイプフレームを具えていることは明らかであろう。図1の底部の矢印は、各Pフレームが先行IフレームあるいはPフレームから「順方向予測された：forward predicted）」ものであるべきであり、一方、各Bフレームはいずれかの側でのIフレームおよび／またはPフレームから順方向予測あるいは逆方向予測 (backward predicted) されたものの双方であることを示している。

【0026】動き補償予測の原理をフレームP3の順方向予測を参照して簡単に説明しよう。予測すべき各フレームはフレームP3のブロックAにより（拡大してスケールで）表された16×16画素のブロックのアレイに分割される。シーケンスの開始フレームもしくは基準フレームI0を符号化すると、ブロックAは直接符号化されず、むしろ動きベクトルVAが符号化され、それはブロックAが基

準フレーム10の16×16画素ブロックA'と同じであることを予測する。データ圧縮はそれにより時間冗長度低減で達成される。2つのブロックAとA'とが一般に正確には同じでないから、差分(予測エラー)は8×8画素の小さいブロックに作用する離散余弦変換技術(DCT)による空間冗長度低減でもまた符号化される。

【0027】このように、MPEG符号器に直面する第1の問題は、現行フレームP3の各ブロックの動きベクトル推定について、現行ブロックAに最良に整合する基準フレーム(10)のブロックA'をいかにして識別するか、すなわち、いかにして最良動きベクトルVAを識別するかということである。MPEGは動きベクトルがそれぞれx(水平画素次元)とy(垂直画素次元)の限定された領域を取ることを許容し、そこでは、最近の規格でこれらの領域RxとRyは双方とも±64画素である。このことは図1に示された限定された順方向検索領域FSAを創成し、ここでは最良整合ブロックA'を位置するが、しかしこの領域の全検索さえ数千の候補ブロックの評価を必要とする。各候補ブロックに対して、16×16=256画素比較が行われるべきであり、かつ(例えば)累積された二乗画素差(squared pixel difference)は候補ブロックの整合の測定により平均二乗差値に到達している。全検索が多分専用ハードウェアで可能であるが、既に利用可能な処理ハードウェアを使用して、ソフトウェアで動き補償映像符号化を実現することが上述の概説で述べられたように現在望まれている。

【0028】MPEG符号化フィールド外で、上に引用されたデ・ハーンとフィゲンは動きベクトル推定法を拡張し、それは(i)近傍ブロックの動きベクトルの間に一般に相関が存在し、かつ(ii)もしも動きベクトルフィールドが正確であるよりむしろ平滑なら本質的な映像品質が最良に維持できるという観察に基づいて、相対的に僅かな候補ブロックの整合を測定する。換言すれば、もしも推定された動きベクトルがフレーム内でブロックからブロックにわたって非常に僅かしか変化しないよう制限されるのみなら、本質的な映像品質に大きな損失は存在しない。このように、大きな検索領域FSA内では、わずかな候補ベクトルだけが整合に使用され、かつこれらの候補ベクトルは空間的および/または時間的に、現行ブロックの近傍のブロックを以前に推定した開始ベクトルに基づいている。

【0029】デ・ハーンとフィゲンの技術が、全検索による検索よりも数倍早く動作するソフトウェアによる実現に適用できても、これは高性能プロセッサによってもなお数千倍の実時間を要する。本発明はマサチューセッツ州、ボストンのアンドロックス(ANDROX)から得られるアンドロックスICS-400映像プロセッサボードのような、並列デジタル信号プロセッサチップ(DSP)システムを期待しており、そして図2にブロック形で例示されている。

【0030】図2のシステムはDSP0からDSP3と規定された4個のプロセッサを収容する回路ボードを具え、それはVMEバスインターフェースユニット200を介してホストコンピュータシステムにより制御できる。このボードは便宜的かつ周知の開発環境を備える例えばサンマイクロシステム(Sun Microsystems)あるいは類似のワークステーションタイプのコンピュータ内に収容できる。VMEインターフェースは高速バス202に接続され、それを通してDSPシステムにより処理されたすべての情報が流れる。バスコントローラ204はそのような動作を管理するよう備えられている。メモリ206は符号化されているビデオデータフレームの蓄積のためにバスに接続されている。

【0031】各プロセッサDSP0-3は一对のキャッシュメモリCM0とCM1によりバス202に接続されている。各キャッシュメモリCM0あるいはCM1は検索領域FSAの画素値およびブロックの動きベクトルの推定に必要な他のデータと共に、16×16画素値の現行ブロックを実際に保持でき、たとえこの目的で候補ベクトルの領域(Rx, Ry)が現在の実施例で(±48, ±48)に限定されていてもそうである。動作上、ペアの1つのキャッシュが一時DSPに接続され、一方、他のキャッシュはバス202を介して処理するデータをアンロードかつリロードできる。このようなやり方で、フレッシュデータの一定の供給は各DSPを全時間動作するよう保持するのに利用可能である。さらに各DSPは一对のプログラムメモリPM0とPM1を有している。メモリPM0はDSPのプログラムを蓄積するために使用され、一方、メモリPM1は一時的な値といくつかのブロックに共通なデータとを蓄積するために使用される。

【0032】図3はいかにしてMPEG符号化の課題が本実施例で分割されたかを簡単にブロック形式で示している。M個のフレーム(プラス基準フレーム)のバッチの原始画素データはIMINで受信され、かつ第1モジュールINTVは専ら原始画素データを使用して全バッチ(例えばフレームB1, B2, P3)の完全精度で動きベクトルの検索を実行する。この第1モジュールのみが本発明の理解のために詳細に説明する必要があるが、しかし残りのモジュールは次のように簡単に説明されよう。4個のモジュール、HLFV/MDEC/FDCT, Q/RLC, RLC, RLD/DEQおよびIDCT/RECは符号化プロセスの主ループを形成している。モジュールHLFV/MDEC/FDCTは完全動きベクトルを受信し、かつ予測されたブロックと結果の予測エラーとを計算し、モード決定を行いつつMPEG公開勧告に従う順方向DCT圧縮を実行する。このプロセスにおいて、動きベクトルは半画素精度に「微細調整(fine tuned)」される。

【0033】モジュールQ/RLCはDCT情報を量子化しかつランレングス符号化し、かつ最終MPEGビットストリームを発生するモジュールBITS/REGにこれらを渡す。モジュールBITS/REGは所望の値(典型的には1.2メガビット

／秒)に出力ビット速度を維持するよう量子器モジュールに規則的フィードバックを与える。主ループに戻ると、モジュールRLD /DEQ およびIDCT/RECは実際に符号化された画素データを再構成し、それはモジュールHLFV /MDEC/FDCTがモジュール精度を補正し、最良半画素ベクトルを位置する等々を許容するためにフィードバックされる。最後に、モジュールDIS は原始画像あるいは再構成画像の表示を許容する。

【0034】これらのモジュールの実現において、4個のDSP の並列システムは、もしすべての4個のDSP が常にビジーなら単一DSP にわたって処理能力を4倍増大することができる。この目的で、アンドロックス (ANDROX) システムは各DSP を独立に動作するよう駆動を中断されるが、しかしこのことはモジュールINTVのベクトル推定の既知の方法の実現に問題を創成する。というのは、近傍ブロックのベクトルから開始ベクトルを予測する必要があるからである。もし近傍ブロックが異なるDSP に割り当てられ、かつ特に推定がいくつかのブロックに対して別のものより短い時間を取るなら、何時DSP3によりなお計算すべき開始ベクトルをDSP2が必要とする時間がある。このために、並列処理の大部分の能力は未利用のままである。

【0035】図4はいかにしてフレームのブロックが上記の問題の解決の一部分として順序付けられたサブセットに分割できるかを示している。こま実施例において、ブロックはその水平行に分割され、かつすべての行のブロックは単一DSP により左から右の順序で処理される。例示された特定の実施例では、4番目の各行は図面に顕著に示されたDSP0に関連する行で、同じDSP により処理される。CM0 キャッシュとCM1 キャッシュの交互使用と共に、別々のブロックはどのブロックがどのキャッシュで処理されるかを例示するため別々に陰影を施されている。水平行のブロックを処理することは、水平運動が優勢な最も自然な映像シーケンスに対して好ましい。どうしてブロックが垂直行(列)で、対角行で、あるいは他のシーケンスで処理すべきでないかの理由は原理的には存在しない。

【0036】いかにしてモジュールINTVが完全動きベクトル(integer motion vector)を推定するか、すなわち最初に図1のブロックAにより表されたフレームB1、B2、P3の第1バッチのブロックに対して、次にフレームP5のブロックBにより表された引き続くバッチのブロックに対して推定するかが説明されよう。2つの交互ベクトル検索戦略は、現行フレームに使用されている基準フレーム(IタイプあるいはPタイプ)がそれぞれ自身予測された動きを有しているかどうか依存して、これから説明する実現法で具体化される。ここで注意すべきことであるが、Iフレームはシーケンスに「エンタリー点」を与えるためにシーケンスでしばしば符号化され、たとえばこれらのフレームが動き予測できてもそうであり、そ

のようなフレームに対して、たとえばベクトルがMPEGビットストリームで符号化されなくても、第2の検索戦略の使用を可能にするため動きベクトルを見いだすことは事実有利である。双方の戦略は、一組の候補ベクトルを発生し、基準フレーム内で候補画素ブロックの対応する組を指摘する検索に良好な開始ベクトルの選択のみによっている。

【0037】図4の枠組に従って、ブロックAのベクトル検索を参照すると、ブロックAを含むブロックの行はDSP3によりすべて左から右の順序で処理される。このように、現行フレームP3の現行ブロックAのすぐ左のブロックLB(A)はDSP3により既に処理され、かつこのようにして、推定された動きベクトルは基準フレームI0のいくつかのブロックからブロックLB(A)を予測するよう利用可能であろう。このベクトルは、フレームI0のブロックA'からブロックAを予測する動きベクトルの検索の基礎となる1つの開始ベクトルとして使用できる。どんな動きベクトルも基準フレームI0、あるいはフレームB1およびB2に対して見いだされないという仮定により、限定された領域検索戦略は図5により例示されたようにフレームP3のブロックに使用される。

【0038】図5は螺旋検索パターンを示し、それは完全画素格子上で、水平方向(Δx)に ± 15 画素、垂直方向(Δy)に ± 8 画素に延在している。この水平バイアスは、上にも述べたように水平運動が典型的な動画シーケンスで優勢であるという事実の認識で与えられている。関連DSP のプログラムメモリPM1 は、オフセット(0, 0)で「+」により示された開始ベクトルに対して一組の候補ベクトル「o」を規定するオフセットペア(Δx , Δy)の順序付けられたリストを含んでいる。候補ベクトル「o」のシーケンスは、(Δx , Δy) = (± 15 , ± 8)まで検索領域を充たすため、「+」の開始ベクトルから一般に外向きに螺旋を描いている。このようなやり方で、たとえ単一開始ベクトルであっても、527個の候補ベクトル「o」が規定される。各候補ベクトルは予測を希望されている現行ブロックAと比較すべき基準フレームI0の候補ブロックを順次識別する。

【0039】従って、予測すべきフレームP3のブロックの4番目の行の各ブロックに対して、DSP は開始ベクトルを識別しなければならない。行の第1ブロックに対して、零ベクトル(0, 0)は省略開始ベクトル(default starting vector)として使用されるが、しかしその後で現行ブロックの左でブロックLB(A)に対して丁度推定されたベクトルは開始ベクトルとして使用される。このことは、たいていの場合にベクトルフィールドの近傍ベクトルの間に高い程度のコヒーレンスが存在するために重要な利益をもたらす。開始ベクトル「+」を識別すると、オフセットの蓄積シーケンスは螺旋シーケンスで527個の候補ベクトル「o」を発生するために使用で

きる。

【0040】各候補ベクトル「o」に対して、フレームP3の現行ブロックAは、その空間位置(x, y)が現行ブロックの原点の空間位置(x, y)に対して候補ベクトルにより与えられている基準フレームI0と比較される。この比較は最良の整合候補ブロックが識別されるまで、平均二乗差(あるいはブロック間の類似性の程度を測定する他の値)を累積して、原理的に256個のすべての画素に対して画素毎に実行される。しかし、候補ブロックは累積差がこれまで試みられた最良候補ブロックに対して見いだされた差を越えるや否や棄却でき、時間のかなりの節約となることが注意されよう、最良に対する累積二乗差のチェックがDSP 時間の少なくとも1サイクルを一般に占有するから、各画素の後でそのようなチェックを行うことは全整合処理をスローダウンしよう。良好な妥協は、累積二乗差がブロックの16画素の各行の終わりでのみ最良のものに対してチェックされる実施例で見いだされる。

【0041】可能な動きベクトル領域FSA (図1)の数パーセントのみがこの螺旋検索パターンにより探索されるが、推定されたベクトルは画像の縁部の数ブロック内の真の動きベクトルまで収束することが見いだされる。動きベクトルの不正確さは符号化されかつ表示される場合に映像の対応ブロックの品質を直接に低減しないことが注意されよう。むしろ、不正確な動き補償はMPEG符号化プロセスの次の段階、すなわちDCT による空間冗長度低減により達成できる圧縮の程度を単に低減するだけである。

【0042】たとえ領域FSA (図1)の全検索に含まれた候補ブロックの数よりずっと少なくとも、現行フレームのブロック当たりの527個の候補ブロックはなお重い計算上の課題を持っている。しかし螺旋状に候補を順序付けることは、動きベクトルが1つのブロックから次のブロックにわたって一般にコヒーレントであるという仮定に基づいて、潜在的節約をもたらしている。このコヒーレンス性のために、開始ベクトルはしばしば現行ブロックの所望の動きベクトルに近く選ばれよう。開始ベクトルからの距離に従って候補を順序付けることは、最良整合候補ブロックが527個の候補のシーケンスの後よりもむしろ早く見いだされよう。

【0043】それが現れるや否や最良候補を検出するよう設計された一組の試験条件をプログラムするDSP と組み合わせて、検索は相対的に僅かな候補ブロックが現行ブロックと比較された後で平均として終了できる。1つのそのような条件は累積された平均二乗差のしきい値の設定である。このしきい値(それはとりわけ画素データのノイズを許容する)以下では、ブロックは「完全」整合と判断され、かつ螺旋検索は終了される。このように、例えば、候補ベクトル「o」の発見と評価は図5に例示されたように開始ベクトル プラス オフセット

($\Delta x, \Delta y$) = (3, -2)に対応する「完全な」整合候補ブロックの発見で終了しよう。この点まで、48個の候補ブロックのみが比較された。

【0044】図5で($\Delta x, \Delta y$) = (3, -2)で表された最良完全候補ベクトル「0」の位置の周りで、9個のクロス「x」は図3を参照して上に述べられたモジュールHLFV/MDEC/FDCTにより半画素精度で探索される9個の候補ベクトルを示している。

【0045】明らかに、候補の順序はDSP プログラムメモリPM1に蓄積されたオフセット($\Delta x, \Delta y$)のリストを補正することにより簡単に補正できる。オフセット $\Delta x, \Delta y$ の範囲は所望により拡張あるいは縮小でき、かつ円形あるいは楕円螺旋形あるいは他のシーケンスは実現でき、図5の四角な螺旋あるいは打ち切られた螺旋(truncated spiral)にわたっていくつかの改善を提供する。

【0046】図6と図7はブロックBにより表されたフレームPSのブロックの例により、印加すべき第2ベクトル検索戦略を例示している。フレームP5に使用すべき戦略は図5を参照して上に述べられた制限された領域検索戦略よりもずっと僅かな候補ブロックを比較する。この第2戦略はその少なくとも1つが現行ブロックの動きベクトルの良好な予測であるべき僅かな開始ベクトルの選択に主として依存している。ベクトルフィールドが正確であるよりもより良く平滑であるという規則と結合して、これらの僅かな候補さえ「良好」で極めて迅速な動きベクトル推定を許容することを見いだされている。

【0047】図1に戻ると、単一DSP への画素ブロックの全行の順序付けられた割り付けのために、現行ブロックBのすぐ左のブロックLB(B)は既に処理されたと再び知られる。従ってブロックLB(B)の丁度推定されたベクトルは1つの開始ベクトルとして使用できる。不幸にして、現行フレームP5の別のどの近傍ブロックもこの時点で処理されたと知られていない。従って実現された戦略は、処理されたと知られている近傍ブロック、すなわち現行基準フレーム(先行PフレームP3)のような近傍フレームの近傍ブロックを期待することである。

【0048】代表的なブロックBに対して、2個のブロックUR(B)とDR(B)がフレームP3で陰影を施され、これらはブロックBのそれぞれ上から右、下から右の近傍で空間的に対角的であり、ならびに現行ブロックB(フレームP5)の時間的近傍である。2個の近傍ブロックはブロックBの動きベクトルの推定に使用するさらに2個の開始ベクトルを与える。

【0049】そのような開始ベクトルは近傍ブロックに対して推定されたベクトルのスケールされた変形である必要がある。例えば、フレームI0のブロックA'からフレームP3のブロックAを予測するベクトルVAは3つのフレーム間隔(M=3)の期間にわたるいくつかの影像形態の動きを表し、一方、フレームP3のブロックB'

(示されていない)からフレームP5のブロックBを予測するベクトルは2つのフレーム間隔のみをわたる動きを表している。このように、ブロックUR (B) に対して以前に推定されたベクトルは、ブロックBのベクトル推定の良好な開始ベクトルを得るために係数2/3だけスケールされなければならない等々である。もしBフレームのブロックで見いだされた逆方向予測ベクトルは開始ベクトルとして推定あるいは使用され、負のスケールがもたまた必要とされよう。

【0050】図6Aは現行ブロックの周りの選ばれた近傍ブロックにより形成されたパターンを示し、それは同じフレームの空間的近傍にあるブロック ($t=T$) と、双方とも空間的および時間的近傍にあるブロック ($t \neq T$) とを区別するために別々にハッチされている。選ばれた近傍ブロックは分布に対する僅かな水平バイアスにより、現行ブロックの周りに三角形を一般に形成している。水平バイアスはたいていの自然動画シーケンスで水平運動が優勢であるという事実を認識している。現行ブロックの左と右に近傍ブロックを選ぶことは、現行ブロックの中に移動する対象が左あるいは右から来る場合に、少なくとも1つの開始ベクトルが適当であることの保証を助ける。

【0051】図6Bは3個の開始ベクトルを生じるための近傍ブロックの別のパターンを示し、そして図6Bは水平バイアス無しに4個の開始ベクトルを生じるパターンを示している。常に図6では、現行ブロックの左のブロックLBは現行フレーム ($t=T$) にある。もちろん他のパターンも当業者によって既に認識でき、その各々は動画内容に依存してそれ自身の利点と欠点を有し、かつそのパターンは各DSPのプログラムメモリPM0, PM1の内容の変更によって変化できる。図6Aのパターンは画像シーケンスの領域に対して本実施例で最も満足されているものと見いだされている。もちろん、なお異なるパターンはDSPへのブロックの割り付けが図4とは異なる所で要求されよう。ブロックの行は画像にわたって垂直あるいは対角的にさへ走行し、あるいはサブセットは理由があれば繰り込み (convoluted) および／またはインターリーブできるであろう (ここで開示された原理はなお適用できる)。

【0052】現行ブロックAに対して3個の開始ベクトルを得ると、本実施例のDSPはこれら3個の開始ベクトルに基づく21個までの候補ベクトルの群を整合するブロックを評価する。

【0053】図7はいかにして円「○」によりマークされた7個の候補ベクトルが「+」とマークされた開始ベクトルに対してオフセット (Δx , Δy) の所定のパターンにより規定されているかを示している。7個の候補のパターン「○」は開始ベクトル「+」それ自身を含み、かつ人間環境で水平な動きの優勢を認識する水平バイアスを再び有している。3個の開始ベクトルの各々に

7個のオフセットのこのパターンを適用することにより、一組の21個の候補ベクトルが得られる。しかし、時間の掛かるブロック整合計算が実行される前に、候補の組が合法的な領域外の二重化と候補を除去するためにチェックされる。

【0054】一度最良の整合候補ベクトル「○」が見いだされると、図7の最も右の候補ベクトル「○」の周りで「x」とマークされた9個の半画素候補ベクトルにより、再び最後の比較がモジュールHLFV/NDEC/FDCT (図3) で実行される。これは半画素精度で評価され、かつ再構成された画素データを用いて導かれた現行ブロックの最終符号化動きベクトルとなる。

【0055】領域FSA (図1) の全検索に必要な数千という数の代わりにせいぜい21個の候補ベクトルの評価は著しい時間節約を達成するが、しかし現行ブロックで推定されたベクトルが事実最も正確なものでないという欠点を持っていることは読者にとって明白であろう。しかしこの方法による符号化の後で復号された映像の本質的な品質は良好なものである。というのは、デ・ハーンとフイゲンによる上述の観察により、ファイルされた動きベクトルは厳密に正確であるよりはむしろ特に平滑に変化すべきである。さらに、映像内で動く対象が寸法的に多画素ブロックである場合に、ゆっくり変化するベクトルフィールドは対象になった後で数ブロック内でもっとも正確なベクトルに収束しよう。

【0056】図1もまた補間されたフレームB4ならびに基準フレームP3に対して動きベクトルが既に推定されたという仮定に基づいて、いかにして別の4個の可能な開始ベクトルが図1の点線により陰影が施されたフレームB4のブロックの近傍のURとDRに対して推定された順方向および逆方向ベクトルをスケールすることにより得られるかを示している。このように、全体で6個までの開始ベクトルが先行ブロックLB (B) を推定するベクトルに加えて利用可能である。別の4個あるいは8個の開始ベクトルが3個あるいは4個のフレームのバッチの最終フレームに利用可能である。これらの開始ベクトルの各々のに対する一組の7個の候補ベクトルを評価するよりも、本実施例は最良整合候補ブロックを与える開始ベクトルの周りの候補セットを形成する前に、事実開始ベクトルそれ自身のみをまず評価する。このように、例えば、図7のパターンによる候補セットは、ブロックLB (B)、フレームP3からのブロックUR (B) に対して推定されたベクトル、およびフレームB4のDRブロックに対する逆方向予測ベクトル (またが異なる時間間隔を考慮して必要に応じてすべてスケールされて) に基づいて形成できる。

【0057】実際には、M個のフレームの各バッチのベクトル検索は図1の下部の湾曲した矢印により丸で囲まれた数により示された順序で実行される。この順序を採用することにより、かつ適当なスケールにより、補

間されたフレームB1とB2の近傍ブロックの純方向および逆方向予測ベクトルは、フレームP3の動きベクトルを推定する場合に候補開始ベクトルとしてすべて利用可能である。同様に、フレームB1の順方向ベクトルはスケールでき、かつフレームB2の順方向ベクトル検索の開始ベクトルとして使用できる。

【0058】MPEG符号化プロセスの残りは、MPEG規格とル・ガルの論文に記載されたように、画像品質とデータ圧縮との間の所望の妥協を達成するために、バッチサイズMと量子化スケーリングのような多くのパラメータの変動を含んでいる。これらの態様は本記述の範囲と目的の外であるが、しかし上述の動き推定方法を含む動画シーケンスの完全なMPEG符号化がサン・ワークステーションに搭載されたアンドロックスの4個のDSPを使用して90回の実時間動作のみで達成できることが見いだされている。このように、既に利用可能な小型システムを使用して、数分の完運動ビデオはCD-ROM上のメモリあるいは類似のオーバーナイトに基づいて符号化できる。

【0059】符号化機構が他のものより符号化にさらに経済的であるいくつかのベクトル値となる場合に、上記の戦略の一層の補正が作成できる。MPEG符号化形式の特殊な例において、動きベクトルは、短いベクトルが僅かなビットしか必要としないように、可変長符号によりMPEGビットストリームで符号化される。このように、2個の候補ベクトルが殆ど等しい整合品質を有する場合、補正された戦略は符号化に僅かなビットしか必要としないベクトルを好むであろう。このことは所与のブロックを符号化するより少ないエラー情報しか必要としないが、しかし画像が品質を全く改善して符号化されることを許容する符号化データの総合的節約がしばしば存在しよう。

【0060】動きベクトルに対するMPEG可変長符号の特殊な形態は、零偏位 Δx と Δy がただ1つのビットでおのおの符号化できることである。さらに、少なくともPタイプフレームにおいて、零動き($\Delta x = \Delta y = 0$)を有するブロックは全く動き情報無しで符号化できる。これはMPEGビットストリームの「マクロブロックタイプ」(macroblock type)の適当な可変長符号により信号送出される。このように、1つのフレームから次のフレームへの零動きを有する符号化ブロックのデータの大きな経済性が存在する。このように、候補ベクトルの評価が零ベクトルに好ましく補正される場合、また得られた整合品質が最良候補の整合品質の僅かに下にあるだけである場合に全改善は得ることができる。

【0061】もちろん、いくつかのシーケンスにおいて、零ベクトルは希に最良候補の間にある。しかし、例えばアニメートされた漫画のようなあるタイプの動画シーケンスは実質的に零動きの多数のブロックを含んで

いることが注意されよう、さらに、これらのブロックの大部分は例えば青空のような色の様な領域を具えている。通常の動き補償技術はそれにもかかわらず、フレームからフレームに「移動する」ある種の雑音情報を含むという理由でのみ、これらのブロックの動きベクトルを推定しかつ符号化する。これらのシーケンスを符号化するため、著しい品質改善は本発明の第3態様の使用で得られることが見いだされ、もし雑音レベルが低いなら、零ベクトルは整合品質が相対的に狭いしきい値内で同じである大多数の候補ベクトルの丁度1つであろう。

【0062】この開示から、さらに別の修正も当業者にとって明らかであろう。そのような修正はそれ自身既知であり、かつここに既に記載された特徴の代わりに、あるいはそれに付加して使用できる別の修正を含んでもよい。たとえ特許請求の範囲(クレーム)がこの出願では特徴の特定の組合せについて形式化されていても、本出願の開示の範囲が明示的にせよ、暗示的にせよ、あるいは当業者に明らかなその任意の一般化ないし修正のいずれかでここに開示された新奇な特徴あるいはその新しい組合せを含み、それが任意のクレームで現在請求された同じ発明に関連しているかどうか、あるいはそれが本発明と同じ技術的問題のいくつかないしそのすべてを軽減するかどうかにかかわらずそうであることを理解すべきである。出願人は本出願あるいはそれから導かれる別の出願の実施の間にそのような特徴および/またはそのような特徴の組合せに新しいクレームを形式化する権利を保有していることを注意する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1はMPEG符号化システムの動きベクトル推定の問題を例示している。

【図2】図2は本発明を具体化する実現方法に適した並列DSP システムをブロック形で示している。

【図3】図3は本発明による図2のシステムの動作を例示している。

【図4】図4は本発明を具体する方法で、4個のDSP間に画素ブロックの順序付けられたサブセットを割り付けることを例示している。

【図5】図5は第1の検索戦略による一組の候補ベクトルの発生を例示している。

【図6】図6は開始ベクトルの選択の3つの代案パターンを示している。

【図7】図7は第2の検索戦略による開始ベクトルからの一組の候補ベクトルの発生を例示している。

【符号の説明】

200 VME インターフェイスユニット
202 高速バス
204 バスコントローラ
206 メモリ

フロントページの続き

(72)発明者 オクタビウス ジョン モリス
イギリス国 サリー レッドヒル マラー
ド クローズ 7